

# NGHIÊN CỨU TÍNH THẨM NƯỚC CỦA BÊ TÔNG RỖNG THE PERMEABILITY OF ENHANCED POROSITY CONCRETE

Nguyễn Văn Chánh, Nguyễn Hoàng Duy, Hoàng Phạm Nam Huân

Khoa Kỹ Thuật Xây dựng, Trường Đại Học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

## BẢN TÓM TẮT

Cấu tạo đặc trưng của bê tông rỗng bao gồm nhiều lỗ rỗng hở nối liên tục với nhau tạo nên khả năng thoát nước. Đặc tính thoát nước (K) của bê tông rỗng chịu ảnh hưởng lớn bởi cấu trúc lỗ rỗng mà nó chứa đựng bên trong. Bài viết này đi sâu về nghiên cứu mối quan hệ giữa độ rỗng, kích thước hạt cốt liệu dùng để chế tạo bê tông rỗng, kích thước lỗ rỗng tới đặc tính thấm của bê tông rỗng.

## ABSTRACT

Specific of Enhanced Porosity Concrete (EPC) is that it has many pores connectivity which make the permeability. The hydraulic conductivity (K) of EPC is influenced by the structure of a large interconnected pore network. This research is about the relation between the accessible porosity, aggregate size is used to produce EPC, pores size and the permeability of EPC.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong vài năm gần đây thì vấn đề bảo vệ nguồn nước đã thu hút được nhiều sự quan tâm để tìm kiếm một loại vật liệu đáp ứng được quá trình đô thị hóa đồng thời có thể khắc phục được những tác động xấu đến tự nhiên

Cùng với sự phát triển của các đô thị lớn, những thành phố... đã tác động sâu sắc tới hệ thống dòng chảy tự nhiên và nguồn nước tại chỗ. Quá trình đô thị hóa làm thay đổi không chỉ đơn thuần về điều kiện vật lý mà cả về điều kiện hóa học và sinh vật học của nguồn nước. Khi nguồn đất đai bị khai thác để phát triển, làm cho vòng tuần hoàn của nước bị ngăn cản và biến đổi, ngăn cản hoặc làm chậm quá trình bốc hơi nước vào không khí để tích tụ thành mưa, đồng thời những lớp đất bên dưới bị làm chặt hơn, làm cho nước mưa thay vì dễ dàng thấm vào đất và bổ sung vào nguồn nước tự nhiên thì lại chảy tràn trên bề mặt. Thêm vào đó thì các tòa nhà, đường xá, bãi đỗ xe, và những lớp bề mặt khác đều không có tính thấm dẫn đến ngăn cản sự thoát nước và gia tăng hiện tượng nước chảy tràn trên bề mặt. Phụ thuộc vào lớp vật liệu trên bề mặt thì thể tích và tốc độ dòng nước chảy tràn này gây ra hiện

tượng nước chảy tràn hoặc tù đọng nước trên bề mặt khắp mọi nơi.

Sự phát triển cùng với quá trình đô thị hóa không chỉ tác động làm cho hao hụt nguồn nước mà còn gây nguy hại tới chất lượng nước. Phát triển đồng nghĩa với sự gia tăng và tập trung các loại chất gây ô nhiễm mang theo bởi dòng nước chảy tràn khi chảy qua các lớp bề mặt, bãi đỗ xe, khu công nghiệp rồi chảy vào các dòng chảy tự nhiên (sông, suối, hồ...).

## 2. GIỚI THIỆU BÊ TÔNG RỖNG

Theo các nghiên cứu và đã áp dụng tại Nhật Bản và các nước Châu Âu, bê tông rỗng (BTR) là loại vật liệu thân thiện với môi trường đáp ứng được yêu cầu nêu trên, để dùng làm đường giao thông, bãi đỗ xe, công trình đô thị công cộng, taluy, mái dốc, bờ kè, công trình thủy lợi....

Bê tông rỗng là loại vật liệu có cấu trúc lỗ rỗng hở liên tục, có độ rỗng (15-35%). Thành phần tương tự như bê tông thường, tuy nhiên đã được dùng cùng cỡ hạt và dùng rất ít hoặc không dùng đến cát. Những hạt đá cùng kích thước được bao phủ và dính kết với nhau tại các vị trí tiếp xúc bằng lượng hồ xi măng đó là nguyên lý để tạo nên lỗ rỗng hở

bên trong cấu trúc bê tông. Những lỗ rỗng hở này cho phép không khí, nước và nhiệt trao đổi thuận tiện trong môi trường.



Hình 1 : Bê tông rỗng

Bởi vì bê tông rỗng cho phép nước mưa thấm vào lớp đất bên dưới nên:

Cây cỏ được cung cấp nước tự nhiên, giảm chi phí tốn kém cho hệ thống tưới nước.

Nguồn nước ngầm được bảo vệ

Hiện tượng nước chảy tràn được ngăn cản và chất lượng nước được cải thiện.

Lỗ rỗng tự nhiên của BTR cho lượng nước lớn nhanh chóng thoát qua lớp phủ bề mặt để tới kết cấu lọc bên dưới. Lớp này có cấu tạo từ các hạt cốt liệu cùng kích thước tạo nên khoảng không gian rỗng lớn và được xem như là hệ thống giữ và sử lý nước. Chất thải được giữ lại khi nước xuyên qua lớp lọc nhờ hiện tượng thấm và bám dính. Nguồn chất thải giữ lại được từ đô thị đa dạng như: khí ô nhiễm, cỏ cây, phân bón, thuốc trừ sâu, rác, chất thải từ các phương tiện giao thông như bụi kim loại, nhớt, dầu mỡ.

### 3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Tính thấm của vật liệu được đặc trưng bằng hệ số thấm (K), nó được quyết định bởi cách sắp xếp và kích thước của các lỗ rỗng này. Ngoài ra tính thấm còn phụ thuộc vào độ rỗng, tính góc cạnh của những lỗ rỗng; và chỗ co thắt, tính quanh co, tính liên tục của hệ thống lỗ rỗng. Tính thấm tự nhiên được xác định theo công thức sau:

$$K = k \frac{\rho g}{\mu} \quad (1)$$

trong đó:

$\rho$ : là trọng lượng riêng của chất lỏng

$g$ : là gia tốc trọng trường

$\mu$ : là độ nhớt động học của chất lỏng

Đối với chất lỏng là nước thì công thức đơn giản hơn:

$$K = k * 10^7 \quad (\text{đơn vị SI}) \quad (2)$$

Hệ số thủy lực (k) của những lỗ rỗng được mô tả theo công thức của Kozeny-Carman:

$$k = \frac{\Phi^3}{F_s \tau^2 S_0^2 (1 - \Phi)} \quad (3)$$

Trong đó :

$\Phi$ : là độ rỗng của vật liệu

$F_s$ : là hệ số xét tới sự thay đổi hình dạng lỗ rỗng

$\tau$ : là hệ số đặc trưng cho tính quanh co

$S_0$ : là hệ số đặc trưng bề mặt của lỗ rỗng

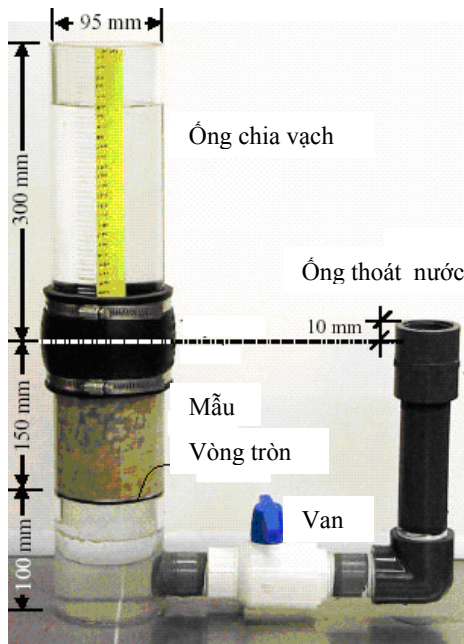
## 4. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

### 4.1. Phương pháp xác định độ rỗng của BTR

Độ rỗng của BTR được xác định theo trình tự như sau. Mẫu thí nghiệm hình trụ có đường kính 95mm và chiều dài 150mm được ngâm trong nước 24 h để bão hòa nước sau đó vớt ra và bảo quản trong điều kiện chuẩn. Mẫu thí nghiệm được bọc kín xung quanh bằng cao su, đáy được gắn vào tấm thép nhẵn, sau đó đem cân xác định khối lượng ( $M_1$ ). Sau đó bơm đầy nước vào bên trong mẫu thí nghiệm và đem xác định lại khối lượng ( $M_2$ ). Sự chênh lệch khối lượng là do nước lấp đầy bên trong lỗ rỗng, chuyển khối lượng nước này về đơn vị thể tích rồi từ đó có thể xác định độ rỗng của BTR.

### 4.2. Phương pháp xác định hệ số thấm BTR

Bởi vì BTR có các lỗ rỗng hở lớn nối tiếp nhau, cho nên các phương pháp thuận tiện trước đây để xác định hệ số thấm của bê tông không thể áp dụng trực tiếp được. Dụng cụ dùng để xác định tính thấm của BTR được mô tả bởi hình bên dưới



Hình 2: Thiết bị xác định hệ số thấm K

Phần thấm là ống dài 250 mm với đường kính bên trong là 95 mm. Được chia ra làm 2 bộ phận, phần bên trên dài 150mm dùng để chứa mẫu thí nghiệm được đặt trên cái vòng tròn có đường kính 92mm cách đáy 100mm, bộ phận ống bên dưới được nối với ống thoát nước có đường kính 50mm có lắp van điều chỉnh, ống thoát nước thẳng đứng cao hơn đỉnh của mẫu thí nghiệm 10mm để đảm bảo cho dòng chảy được liên tục. Phần ống chứa nước có chia vạch dài 300 mm có đường kính bên trong là 95mm, được gắn với đỉnh mẫu thí nghiệm, nó dùng để quan sát sự thay đổi mực nước trong suốt quá trình thí nghiệm.

Mẫu thí nghiệm dạng hình trụ có chiều dài 150mm, đường kính 95mm, mẫu được ngâm trong nước 24h để bão hòa nước. Nước được đổ vào lấp đầy vào trong dụng cụ thí nghiệm, khóa van thoát nước, điều chỉnh nước tới vạch 290mm. Tiến hành thí nghiệm: mở van để cho nước thoát qua, từ vạch 290mm ( $h_1$ ) cho đến vạch 70mm thì khóa van ( $h_2$ ), tính thời gian trong quá trình thí nghiệm. Lập lại thí nghiệm này 3 lần và lấy giá trị trung bình. Sau đó thì hệ số thấm K được xác định theo công thức của Darcy:

$$K = \frac{A_1 l}{A_2 t} \log\left(\frac{h_2}{h_1}\right) \quad (4)$$

Trong đó:

$A_1, A_2$  : là tiết diện ngang của mẫu và ống thoát nước.

$l$  : chiều dài mẫu thí nghiệm

$t$  : thời gian

## 5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Tốc độ thoát nước hay còn gọi là thể tích thấm có mối quan hệ mật thiết tới độ rỗng. Với độ rỗng khoảng 20-29% thì hệ số thấm khoảng 0.01m/s, và lưu lượng thấm 36 l/s/m<sup>2</sup>

### 5.1. Mối quan hệ giữa độ rỗng và tính thấm.

Một số nghiên cứu đã dự đoán về tính thấm tự nhiên của hệ thống các lỗ rỗng tuân theo định luật thấm của Darcy hoặc tương tự như định luật của Archie để tìm mối quan hệ giữa tính thấm và độ rỗng của BTR :

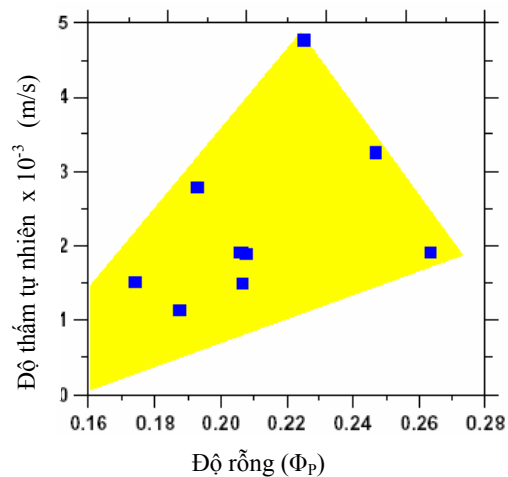
$$k = a_1 \phi^{b_1} \quad (5)$$

Trong đó:

$k$  : là hệ số thấm tự nhiên.

$a_1, b_1$ : là hằng số

$\Phi$  : độ rỗng



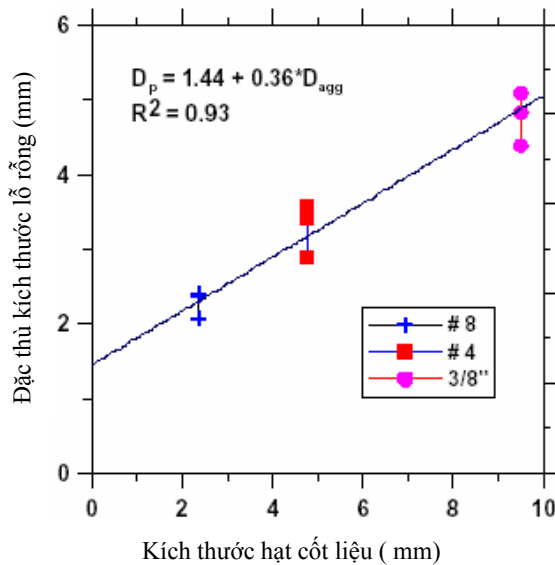
Hình 3 : Mối quan hệ giữa độ rỗng- tính thấm

Tuy nhiên, khi tiến hành quan sát các kết quả đo về độ thấm thì tính thấm của BTR không chỉ là hàm số phụ thuộc độ rỗng mà còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác. Những kết quả nghiên cứu về mối liên hệ giữa độ rỗng và tính thấm được thể hiện trong hình 3. Nhìn chung

thì tính thấm của BTR tăng khi độ rỗng gia tăng, nhưng không chỉ ra được mối quan hệ cuối cùng giữa các thông số này. Vấn đề này có thể được giải thích rằng; độ rỗng là một giá trị đặc trưng cho tính thể tích của vật liệu, trong khi đó tính thấm được đặc trưng bởi dòng chảy và nó không chỉ phụ thuộc vào chỉ số thể tích mà còn phụ thuộc vào sự phân bố của thể tích rỗng và tính liên tục giữa các lỗ rỗng.

### 5.2. Ảnh hưởng của cỡ hạt tới kích thước lỗ rỗng

Nghiên cứu này dựa trên kết quả thí nghiệm của 3 kích thước hạt cốt liệu sau : #8 (lọt qua sàng 4.75mm và sót trên sàng 2.36 mm); #4 (lọt qua sàng 9.5 mm và sót trên sàng 4.75mm); #3/8 (lọt qua sàng 12.5 mm và sót trên sàng 9.5 mm) dùng để chế tạo BTR. Kích thước của lỗ rỗng chịu ảnh hưởng bởi kích thước hạt cốt liệu sử dụng. Đặc thù kích thước của lỗ rỗng được biểu diễn ở hình 4 khi dùng 1 kích thước hạt cốt liệu



Hình 4 : Sự thay đổi đặc thù kích thước lỗ rỗng khi thay đổi kích thước cốt liệu

Bê tông dùng cỡ hạt #3/8 thì có đặc thù kích thước lỗ rỗng lớn nhất (4,76mm) còn đối với cỡ hạt #8 thì đặc thù kích thước lỗ rỗng là bé nhất so với các cỡ hạt tiến hành thí nghiệm. Sự tăng về kích thước hạt cốt liệu dẫn đến sự gia tăng đặc thù kích thước lỗ rỗng. Mối quan hệ giữa cỡ hạt cốt liệu và đặc thù

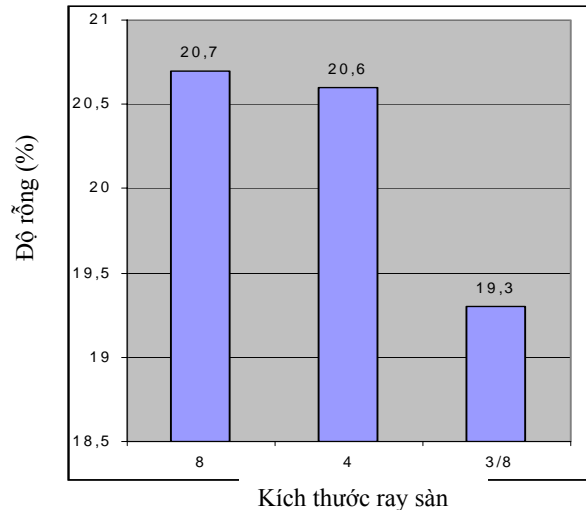
kích thước lỗ rỗng của BTR có thể mô tả bằng một hàm bậc nhất như sau:

$$D_p = 1.44 + 0.36D_{agg} \quad (6)$$

Trong đó:

$D_p$ : Đặc thù kích thước lỗ rỗng. (mm)

$D_{agg}$ : Kích thước hạt cốt liệu (mm)



Hình 5: Mối quan hệ giữa kích thước hạt và độ rỗng

### 5.3. Mối liên hệ giữa kích thước hạt và độ rỗng

Dựa vào kết quả thí nghiệm đối với 3 kích thước cốt liệu thể hiện trong hình 5. Bê tông sử dụng kích thước hạt cốt liệu #8 cho độ rỗng lớn nhất (20,7%) và nhỏ nhất (19,3%) đối với cỡ hạt cốt liệu #3/8. Cho ta thấy rằng độ rỗng giảm khi kích thước hạt cốt liệu tăng lên. Nguyên do có thể giải thích: với cùng thể tích thì khi kích thước hạt cốt liệu giảm xuống thì, số lượng hạt cốt liệu tăng lên đồng nghĩa với việc tăng số lượng lỗ rỗng trong bê tông dẫn đến tổng thể tích không gian rỗng tăng lên.

## 5. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu được cho thấy BTR có khả năng thoát nước tốt.

Khi sử dụng kích thước hạt càng nhỏ thì làm cho kích thước lỗ rỗng giảm xuống, độ rỗng tăng lên đồng thời làm tăng khả năng thoát nước.

Tuy nhiên khả năng thoát nước của BTR không chỉ đơn thuần phụ thuộc vào độ rỗng mà còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như tính liên tục, tính quanh co, bề mặt lỗ rỗng, kích thước lỗ rỗng.

Do đặc tính thoát nước tốt cho nên BTR có thể ứng dụng cho các công trình đô thị công cộng, lề đường, công viên, bãi đỗ xe, taluy, mái dốc ven sông ....

BTR là loại vật liệu bê tông mới phục vụ cho quá trình đô thị hóa nhưng đồng thời là loại vật liệu thân thiện môi trường sống. Vì vậy cần phải có những nghiên cứu sâu hơn về đặc tính cơ học, âm học, cấu tạo, ... để sớm hoàn thiện và đưa BTR áp dụng vào thực tiễn góp phần cho quá trình phát triển đô thị bền vững.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TS.Nguyễn Văn Chánh” Nghiên Cứu Công Nghệ Sản Xuất Bê Tông Nhẹ Sử Dụng Trong Các Công Trình Xây Dựng”.
2. TS.Nguyễn Văn Chánh, Nguyễn Tấn Hoài”Nghiên Cứu Thực Nghiệm Chế Tạo Bê Tông Rỗng”, Luận văn tốt nghiệp kỹ sư -2004
- 3.Nguyễn Tấn Quý, Nguyễn Thiện Rê” Giáo Trình Công Nghệ Bê Tông Xi Măng”, nhà xuất bản giáo dục – 2000.
4. de Lima, O.A.L., and Sri Niwas., “Estimation of hydraulic parameters of shaly sandstone aquifers from geoelectrical measurements”, Journal of Hydrology, Vol. 235, 2000, pp.12-26.
5. Glover, P.W.J., Hole, M.J., and Pous, J., “A modified Archie’s law for two conducting phases”, Earth and Planetary Science Letters, Vol. 180, 2000, pp.369-383.

6. Onstenk, E., Aguado, A., Eickschen, E., and Josa A., “Laboratory study of porous concrete for its use as top layer of concrete pavements”, Proceedings of the Fifth International Conference on Concrete Pavement and Rehabilitation, Purdue University, Indiana, 1993, Vol.2, pp. 125-139.

7. Yang, J., and Jiang, G., “Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials”, Cement and Concrete Research, Vol. 33, 2003, pp. 381-386.